

分析編：TFP 成長率の計測

深尾京司・乾 友彦・浜潟純大

1. 産業別 TFP の計測

われわれの分析方法は生産者行動の理論を前提にしている。いま一国経済が I 産業部門に分割することができ、時点 t における i 部門の生産量 $Y_i(t)$ が様々な種類の資本サービス (V_1, \dots, V_k)、労働サービス (L_1, \dots, L_l) と中間投入 (M_1, \dots, M_m) を用いて生産されているときこの投入と産出の関係が以下のような生産関数で表現できるとする。

$$Y_i(t) = A_i(t) \cdot F(V_{1i}(t), \dots, V_{ki}(t), L_{1i}(t), \dots, L_{li}(t), M_{1i}(t), \dots, M_{mi}(t)) \quad (1)$$

このとき、生産関数は投入のほかに、生産時の技術状態を示すパラメーター $A_i(t)$ にも依存するものとする。

さらに様々なタイプの投入が資本サービス集計量 $V_i(t)$ 、労働サービス集計量 $L_i(t)$ 、中間投入集計量 $M_i(t)$ に分離可能であるとすると、生産関数は

$$Y_i(t) = A_i(t) \cdot F(V_i(t), L_i(t), M_i(t)) \quad (2)$$

のように書くことが出来る。

資本投入は、様々なタイプの資産、構築物等を集計したものであり、労働投入は様々なタイプの労働の集計量である。さらに中間投入もここでは JIP 分類の 108 におよぶ財・サービスの集計量となっている。

(2)式が規模に関して収穫一定でかつ生産者が費用最小化を図っており、かつ要素市場が完全競争であると仮定すると、(2)式は時間に関して微分して次式の様に展開をすることができる。

$$d \ln Y_i(t) = \bar{S}_{V_i}(t) d \ln V_i(t) + \bar{S}_{L_i}(t) d \ln L_i(t) + \bar{S}_{M_i}(t) d \ln M_i(t) + d \ln A_i(t) \quad (3)$$

ただし、

$$d \ln Y_i(t) = \ln Y_i(t) - \ln Y_i(t-1), \quad d \ln V_i(t) = \ln V_i(t) - \ln V_i(t-1), \quad d \ln L_i(t) = \ln L_i(t) - \ln L_i(t-1),$$

$$d \ln M_i(t) = \ln M_i(t) - \ln M_i(t-1)$$

$$\bar{S}_{V_i}(t) = \frac{1}{2} [S_{V_i}(t) + S_{V_i}(t-1)] : 2 \text{ 期間の資本コストシェアの平均値}$$

$$\bar{S}_{L_i}(t) = \frac{1}{2} [S_{L_i}(t) + S_{L_i}(t-1)] : 2 \text{ 期間の労働コストシェアの平均値}$$

$$\bar{S}_{M_i}(t) = \frac{1}{2} [S_{M_i}(t) + S_{M_i}(t-1)] : 2 \text{ 期間の中間投入コストシェアの平均値}$$

技術状態 $A_i(t)$ を観測することは困難だが、技術状態の変化が生産変化にもたらした影響については

$$d \ln A_i(t) = d \ln Y_i(t) - \left[\bar{S}_{V_i}(t) d \ln V_i(t) + \bar{S}_{L_i}(t) d \ln L_i(t) + \bar{S}_{M_i}(t) d \ln M_i(t) \right] \quad (4)$$

より観測値から求めることができる。また(4)式から i 産業部門の生産の成長率を、資本投入の成長による寄与、労働投入の成長による寄与、中間投入の成長による寄与に分解することも出来る。(4)式に基づいて産業別生産量変化の全期間(1970-2002年)、70年代、80年代、90年代に分けて要因分解を行なった結果、90年代において多くの産業でTFPの増加率が低くなっていることがわかる¹。また図1にあるように、TFP成長率は各産業において大きく異なることがわかる。

各年代別においてTFPの変化が生産量増大に大きく貢献(TFP成長率が高い順から5位まで)した部門を列記すると下記のようなになる。

- 70年代：半導体素子・集積回路(15.53%)、事務用・サービス用機器(12.29%)、電子計算機・同付属品(12.19%)、その他公共サービス(9.23%)、保険業(7.18%)
- 80年代：電子計算機・同付属品(8.86%)、半導体素子・集積回路(6.44%)、その他の映像・音声・文字情報制作業(4.85%)、医薬品(4.29%)、電子部品(4.22%)
- 90年代：電子部品(5.04%)、半導体素子・集積回路(5.03%)、通信機器(4.65%)、研究機関(政府)(4.57%)、電子計算機・同付属品(3.86%)

同様に、各年代においてTFPの低下が顕著だった部門(TFP成長率が低い順から5位まで)を列記しておく。

- 70年代：工業用水道業(-9.72%)、その他の映像・音声・文字情報制作業(-6.48%)、娯楽業(-5.84%)、上水道業(-5.49%)、不動産業(-4.55%)
- 80年代：保健衛生(民間・非営利)(-11.19%)、情報サービス業(インターネット付随サービス業)(-9.00%)、その他の公共サービス(-5.56%)、不動産業(-5.10%)、業務用物品賃貸業(-4.60%)
- 90年代：その他の映像・音声・文字情報制作業(-4.24%)、廃棄物処理(-3.45%)、電子応用装置・電気計測器(-2.73%)、娯楽業(-2.54%)、その他(非営利)(-2.45%)

¹ 1970年代は、1970～1980年の年率平均成長率、1980年代は、1980～1990年の年率平均成長率、1990年代は1990～2002年の年率平均成長率をそれぞれ求めている。

2. マクロ、製造業、非製造業の生産額の成長率要因分解

我々のデータベースはこうした個別産業の分析だけでなく、集計量による生産の成長についても要因分析をすることができる。その際、個別産業の労働投入および資本投入は指数として計算されているので、これを集計する際にディビジア集計を行った。

加えて、製造業、非製造業に関しては産出、中間投入に関してディビジア集計を実施した。これは固定ウェイトを使用すると、各産業の生産金額等のウェイトが変化していくなかで、その時々々の生産金額等のウェイトが反映されなくなる問題を解決するためである。マクロ経済全体に関してはディビジア集計には加法整合性の問題があるため、ラスパイレス型数量指数による連鎖指標を作成した。このようにディビジア集計等を使用したケースに加えて（表 1～表 3）、産出、中間投入額の実額を使用した産出の成長の要因分解も実施した（表 4～表 6）。

2.1. 労働投入指数の集計方法

各変数を以下のように定義する。

$L(t)$: t 期における第 i 産業部門から第 n 産業部門の労働投入指数の合計

$L_i(t)$: t 期における第 i 産業部門の労働投入指数の合計

$MH_{ij}(t)$: t 期における第 i 産業部門の属性 j 労働者のマンアワー

$w_{ij}(t)$: t 期における第 i 産業部門の属性 j 労働者の時間当たり賃金

その際、集計された労働投入 $L(t)$ の伸び率は下記の方法で求めることができる。

$$\ln L(t) - \ln L(t-1) = \sum_i^n \bar{S}_i^L(t, t-1) [\ln L_i(t) - \ln L_i(t-1)] \quad (5)$$

ただし、

$$S_i^L(t) = \frac{\sum_j^m w_{ij}(t) MH_{ij}(t)}{\sum_i^n \sum_j^m w_{ij}(t) MH_{ij}(t)}$$
$$\bar{S}_i^L(t, t-1) = \frac{1}{2} [S_i^L(t) + S_i^L(t-1)]$$

2.2. 資本投入指数の集計方法

各変数を以下のように定義する。

$V(t)$: t 期における第 i 産業部門から第 n 産業部門の資本投入指数の合計

$V_i(t)$: t 期における第 i 産業部門の資本投入指数の合計

$K_{ij}(t)$: t 期における第 i 産業部門の j 資産の実質資本ストック

$u_{ij}(t)$: t 期における第 i 産業部門の j 資産の名目資本コスト

その際、集計された資本投入 $V(t)$ の伸び率は下記の方法で求めることができる。

$$\ln V(t) - \ln V(t-1) = \sum_i^n \bar{S}_i^V(t, t-1) [\ln V_i(t) - \ln V_i(t-1)] \quad (6)$$

ただし、

$$S_i^V(t) = \frac{\sum_j^m u_{ij}(t) K_{ij}(t)}{\sum_i^n \sum_j^m u_{ij}(t) K_{ij}(t)}$$

$$\bar{S}_i^V(t, t-1) = \frac{1}{2} [S_i^V(t) + S_i^V(t-1)]$$

2.3. デイビジア法による産業別生産額の集計方法

各変数を以下のように定義する。

$Y(t)$: t 期における第 i 産業部門から第 n 産業部門の実質生産額の合計

$Y_i(t)$: t 期における第 i 産業部門の実質生産額

$NY(t)$: t 期における第 i 産業部門から第 n 産業部門の名目生産額の合計

$NY_i(t)$: t 期における第 i 産業部門の名目生産額

その際、集計された実質生産額 $Y(t)$ の伸び率は下記の方法で求めることができる。

$$\ln Y(t) - \ln Y(t-1) = \sum_i^n \bar{S}_i^Y(t, t-1) [\ln Y_i(t) - \ln Y_i(t-1)] \quad (7)$$

ただし、

$$\bar{S}_i^Y(t, t-1) = \frac{1}{2} \left[\frac{NY_i(t)}{NY(t)} + \frac{NY_i(t-1)}{NY(t-1)} \right]$$

2.4. デイビジア法による中間投入額の集計方法

各変数を以下のように定義する。

$M(t)$: t 期における第 i 産業部門から第 n 産業部門の実質中間投入額の合計

$M_i(t)$: t 期における第 i 産業部門の実質中間投入額

$NM(t)$: t 期における第 i 産業部門から第 n 産業部門の名目中間投入額の合計

$NM_i(t)$: t 期における第 i 産業部門の名目中間投入額

その際、集計された実質中間投入額 $M(t)$ の伸び率は下記の方法で求めることができる。

$$\ln M(t) - \ln M(t-1) = \sum_i^n \bar{S}_i^M(t, t-1) [\ln M_i(t) - \ln M_i(t-1)] \quad (8)$$

ただし、

$$\bar{S}_i^M(t, t-1) = \frac{1}{2} \left[\frac{NM_i(t)}{NM(t)} + \frac{NM_i(t-1)}{NM(t-1)} \right]$$

2.5. 経済全体（マクロ）の付加価値額の集計方法

上記のようなディビジア集計を使用した生産額と中間投入の差により求める集計された付加価値額に関しては加法整合性の問題があるため、マクロ経済全体の生産額（付加価値額）は、ラスパイレス型による連鎖指数により下記のように作成した。

各変数を以下のように定義する。

$Y(t)$ ： t 期における経済全体の実質付加価値額

$P_{Q,j}(\tau)$ ： τ 期における j 産業の生産価格指数（1995 年基準）

$P_{M,j}(\tau)$ ： τ 期における j 産業の中間財価格指数（1995 年基準）

$Q_j(\tau)$ ： τ 期における j 産業の実質生産額

$M_j(\tau)$ ： τ 期における j 産業の実質中間投入額

$t > 0$ のときは、

$$Y(t) = \left(\sum_j P_{Q,j}(0) Q_j(0) - \sum_j P_{M,j}(0) M_j(0) \right) \prod_{\tau=0}^{t-1} \frac{\sum_j P_{Q,j}(\tau) Q_j(\tau+1) - \sum_j P_{M,j}(\tau) M_j(\tau+1)}{\sum_j P_{Q,j}(\tau) Q_j(\tau) - \sum_j P_{M,j}(\tau) M_j(\tau)}$$

$t < 0$ のときは、

$$Y(t) = \left(\sum_j P_{Q,j}(0) Q_j(0) - \sum_j P_{M,j}(0) M_j(0) \right) \prod_{\tau=t}^{-1} \frac{\sum_j P_{Q,j}(\tau) Q_j(\tau) - \sum_j P_{M,j}(\tau) M_j(\tau)}{\sum_j P_{Q,j}(\tau) Q_j(\tau+1) - \sum_j P_{M,j}(\tau) M_j(\tau+1)}$$

$t=0$ （ここでは、 $t=0$ を JIP の基準年である 1995 年とする）のときは、

$$Y(0) = \sum_j P_{Q,j}(0) Q_j(0) - \sum_j P_{M,j}(0) M_j(0)$$

以上の方法に従って計算された生産、各生産要素の成長率とコストシェアにより上記(4)式を使用して、経済全体（マクロ）、製造業、非製造業（分類不明を除く）について年代別に成長の寄与分解したものが、表 1 から表 6 である。なお、ここでは労働サービス投入に関してマンパワーの成長率と労働の質の成長率、資本サービスの投入に関しても量の成長

率と質の成長率とに分解している²。生産ウェイトの変化を考慮したラスパイレス型の連鎖指数によって計算された付加価値による経済全体の成長要因分解をみると（表 1 参照）、TFP 成長率による寄与度が 1980 年代に 1970 年代に比して若干低下した後に、1990 年代には大きく低下している。1990 年代について前半（1990-1995 年）と後半（1995-2002 年）とに分割してみると、TFP 成長率は前半にほぼ 0% 成長となった後、後半は年率平均成長率が 0.4% 程度に回復している。労働の質の寄与に関しては、1970 年代から 1990 年代にかけて大きな変化がないのに対して、1990 年代において生産の低下に大きく寄与したのがマンアワーの減少であるのが特徴的である。

生産ウェイトの変化を考慮したディビジア集計を使用した成長要因分解によって、製造業の動向をみると（表 2 参照）、TFP 成長率による寄与度が 1970 年代と 1980 年代においてほぼ同水準であったが、1990 年代は 1980 年代に比して年率平均 0.74% ポイント低下している。マクロ経済全体同様、労働の質の寄与に関しては、1970 年代から 1990 年代にかけて大きな変化がないのに対して、1990 年代において生産の低下に大きく寄与したのがマンアワーの減少である。加えて、資本投入の寄与に 1990 年代に低下がみられる。

生産ウェイトの変化を考慮したディビジア集計を使用した成長要因分解によって非製造業（分類不明を除く）をみると（表 3 参照）、TFP 成長率による寄与が 1980 年代において 1970 年代に比して上昇したが、1990 年代においてマイナスとなっている。製造業同様マンアワーの成長率の低下が 1990 年代における生産の成長率の低下に寄与していることに加え、資本投入の寄与が 1980 年代に比して大きく低下をみている。

² 労働サービス投入のマンアワーと質への分解、資本サービス投入の量と質の分解については、それぞれ労働部門の推計方法、資本部門の推計方法を参照。

表1 ラスパイレス型連鎖指数により計算された経済全体の成長率の要因分解

	1970-75	1975-80	1980-85	1985-90	1990-95	1995-2000	2000-2002	1970-80	1980-90	1990-2002
実質GDP成長率	5.47%	5.69%	3.92%	4.91%	1.45%	1.27%	-0.22%	5.58%	4.41%	1.10%
労働投入増加の寄与	0.24%	1.35%	0.81%	0.68%	-0.01%	-0.06%	-0.98%	0.78%	0.75%	-0.19%
マンアワー増加	-0.42%	0.87%	0.31%	0.38%	-0.41%	-0.42%	-1.03%	0.24%	0.35%	-0.51%
労働の質向上	0.66%	0.48%	0.51%	0.30%	0.40%	0.36%	0.04%	0.54%	0.41%	0.33%
資本投入増加の寄与	3.59%	1.98%	2.12%	2.46%	1.41%	0.92%	0.37%	3.17%	2.24%	1.03%
資本ストックの増加	2.94%	2.06%	1.72%	1.87%	1.35%	0.79%	0.31%	2.82%	1.76%	0.94%
資本の質向上	0.65%	-0.08%	0.40%	0.59%	0.05%	0.13%	0.06%	0.36%	0.49%	0.09%
TFPの寄与	1.64%	2.37%	0.98%	1.77%	0.04%	0.41%	0.39%	1.63%	1.42%	0.25%

実質GDP成長率はラスパイレス型の連鎖指数を使用。そこで表1の実質GDP成長率は、政府の公式のSNA統計による成長率と一致しない

表2 ディビジア集計により計算された製造業の成長率の要因分解

	1970-75	1975-80	1980-85	1985-90	1990-95	1995-00	2000-02	1970-80	1980-90	1990-2002
総生産成長率	3.29%	5.11%	4.08%	4.59%	-0.09%	0.57%	-2.73%	4.20%	4.33%	-0.26%
中間投入増加の寄与	1.75%	3.47%	2.02%	2.90%	-0.30%	0.00%	-1.94%	2.67%	2.48%	-0.45%
労働投入増加の寄与	-0.28%	0.32%	0.36%	0.05%	-0.46%	-0.31%	-0.73%	0.02%	0.21%	-0.43%
マンアワー増加	-0.44%	0.19%	0.27%	-0.05%	-0.60%	-0.46%	-0.83%	-0.11%	0.11%	-0.56%
労働の質向上	0.16%	0.13%	0.09%	0.11%	0.14%	0.16%	0.10%	0.14%	0.10%	0.13%
資本投入増加の寄与	0.57%	0.18%	0.45%	0.62%	0.39%	0.20%	-0.03%	0.36%	0.51%	0.23%
資本ストックの増加	0.59%	0.16%	0.33%	0.51%	0.38%	0.14%	-0.02%	0.36%	0.40%	0.21%
資本の質向上	-0.02%	0.02%	0.12%	0.11%	0.01%	0.05%	0.00%	0.00%	0.11%	0.03%
TFPの寄与	1.25%	1.13%	1.25%	1.01%	0.27%	0.68%	-0.03%	1.15%	1.13%	0.39%

全てディビジア法による集計

表3 ディビジア集計により計算された非製造業の成長率の要因分解

	1970-75	1975-80	1980-85	1985-90	1990-95	1995-00	2000-02	1970-80	1980-90	1990-2002
総生産成長率	4.72%	4.94%	2.98%	4.69%	2.24%	1.13%	0.61%	4.83%	3.84%	1.50%
中間投入増加の寄与	1.79%	1.92%	1.34%	1.88%	1.31%	0.45%	0.38%	1.89%	1.63%	0.83%
労働投入増加の寄与	0.42%	0.83%	0.40%	0.49%	0.25%	0.11%	-0.35%	0.60%	0.45%	0.09%
マンアワー増加	0.02%	0.55%	0.06%	0.33%	0.02%	-0.09%	-0.35%	0.28%	0.20%	-0.09%
労働の質向上	0.40%	0.28%	0.34%	0.16%	0.22%	0.20%	0.00%	0.32%	0.25%	0.17%
資本投入増加の寄与	2.42%	1.44%	1.36%	1.52%	0.85%	0.58%	0.27%	2.25%	1.39%	0.63%
資本ストックの増加	1.85%	1.47%	1.12%	1.15%	0.82%	0.50%	0.21%	1.90%	1.10%	0.57%
資本の質向上	0.57%	-0.03%	0.23%	0.37%	0.03%	0.08%	0.06%	0.35%	0.29%	0.06%
TFP上昇率	0.09%	0.74%	-0.11%	0.80%	-0.17%	-0.02%	0.30%	0.10%	0.37%	-0.04%

全てディビジア法による集計

表4 実額を使用して計算された経済全体の成長率の要因分解

	1970-75	1975-80	1980-85	1985-90	1990-95	1995-2000	2000-2002	1970-80	1980-90	1990-2002
GDP成長率	4.34%	4.62%	3.10%	4.59%	1.38%	1.42%	-0.28%	4.48%	3.84%	1.12%
労働投入増加の寄与	0.24%	1.35%	0.81%	0.68%	-0.01%	-0.06%	-0.98%	0.78%	0.75%	-0.19%
マンアワー増加	-0.42%	0.87%	0.31%	0.38%	-0.41%	-0.42%	-1.03%	0.24%	0.35%	-0.51%
労働の質向上	0.66%	0.48%	0.51%	0.30%	0.40%	0.36%	0.04%	0.54%	0.41%	0.33%
資本投入増加の寄与	3.59%	1.98%	2.12%	2.46%	1.41%	0.92%	0.37%	3.17%	2.24%	1.03%
資本ストックの増加	2.94%	2.06%	1.72%	1.87%	1.35%	0.79%	0.31%	2.82%	1.76%	0.94%
資本の質向上	0.65%	-0.08%	0.40%	0.59%	0.05%	0.13%	0.06%	0.36%	0.49%	0.09%
TFPの寄与	0.51%	1.30%	0.16%	1.45%	-0.03%	0.55%	0.34%	0.52%	0.85%	0.27%

実質GDPは実額を使用、生産要素はディビジア法による集計

表5 実額を使用して計算された製造業の成長率の要因分解

	1970-75	1975-80	1980-85	1985-90	1990-95	1995-00	2000-02	1970-80	1980-90	1990-2002
総生産成長率	2.98%	4.51%	3.79%	4.38%	-0.18%	0.78%	-2.92%	3.74%	4.09%	-0.24%
中間投入増加の寄与	1.74%	3.50%	2.38%	2.96%	-0.33%	0.03%	-2.03%	2.68%	2.69%	-0.47%
労働投入増加の寄与	-0.28%	0.32%	0.36%	0.05%	-0.46%	-0.31%	-0.73%	0.02%	0.21%	-0.43%
マンアワー増加	-0.44%	0.19%	0.27%	-0.05%	-0.60%	-0.46%	-0.83%	-0.11%	0.11%	-0.56%
労働の質向上	0.16%	0.13%	0.09%	0.11%	0.14%	0.16%	0.10%	0.14%	0.10%	0.13%
資本投入増加の寄与	0.57%	0.18%	0.45%	0.62%	0.39%	0.20%	-0.03%	0.36%	0.51%	0.23%
資本ストックの増加	0.59%	0.16%	0.33%	0.51%	0.38%	0.14%	-0.02%	0.36%	0.40%	0.21%
資本の質向上	-0.02%	0.02%	0.12%	0.11%	0.01%	0.05%	0.00%	0.00%	0.11%	0.03%
TFPの寄与	0.95%	0.50%	0.60%	0.75%	0.21%	0.86%	-0.12%	0.69%	0.67%	0.43%

アウトプットと中間投入は実額を使用、生産要素はディビジア法による集計

表6 実額を使用して計算された非製造業の成長率の要因分解

	1970-75	1975-80	1980-85	1985-90	1990-95	1995-00	2000-02	1970-80	1980-90	1990-2002
総生産成長率	4.35%	4.82%	2.89%	4.61%	2.21%	1.19%	0.68%	4.59%	3.75%	1.53%
中間投入増加の寄与	1.72%	1.93%	1.35%	1.89%	1.31%	0.46%	0.39%	1.85%	1.63%	0.83%
労働投入増加の寄与	0.42%	0.83%	0.40%	0.49%	0.25%	0.11%	-0.35%	0.60%	0.45%	0.09%
マンアワー増加	0.02%	0.55%	0.06%	0.33%	0.02%	-0.09%	-0.35%	0.28%	0.20%	-0.09%
労働の質向上	0.40%	0.28%	0.34%	0.16%	0.22%	0.20%	0.00%	0.32%	0.25%	0.17%
資本投入増加の寄与	2.42%	1.44%	1.36%	1.52%	0.85%	0.58%	0.27%	2.25%	1.39%	0.63%
資本ストックの増加	1.85%	1.47%	1.12%	1.15%	0.82%	0.50%	0.21%	1.90%	1.10%	0.57%
資本の質向上	0.57%	-0.03%	0.23%	0.37%	0.03%	0.08%	0.06%	0.35%	0.29%	0.06%
TFP上昇率	-0.21%	0.63%	-0.21%	0.71%	-0.20%	0.04%	0.36%	-0.11%	0.27%	-0.02%

アウトプットと中間投入は実額を使用、生産要素はディビジア法による集計